



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

ICADE E-2

EFFECTOS DE LA TESTOSTERONA PRENATAL EN LA TOMA DE DECISIONES DE INVERSIÓN ARRIEGADAS

Evidencias empíricas de un experimento real

Autor: Ignacio Virgós Giganto
Director: Carlos Martínez de Ibarreta

Madrid
2015

Índice

0. Resumen y Palabras Clave	2
1. Introducción	3
2. Metodología	6
3. Marco Teórico	8
3.1 Principios Introdutorios	8
3.1.1 ¿Qué es la testosterona?	8
3.1.2 ¿Qué efectos tiene la testosterona en el desarrollo humano?	10
3.1.3 Efectos de la testosterona en el desarrollo del cerebro	12
3.1.4 ¿Qué son y en que se basan las Funciones Cognitivas?	14
3.1.5 ¿Qué relación tienen las funciones cognitivas y las hormonas prenatales? 17	
3.2 ¿Afecta la testosterona prenatal a las tomas de decisiones de riesgo?	18
3.2.1 Experimento realizado por John Coates	18
3.2.2 Experimento realizado por Coren L. Apicella	23
3.2.3 Experimento realizado por Eric Strenstrom	25
3.2.4 Otros Estudios	29
3.3 Resumen de la revisión bibliográfica	31
4 Análisis Empírico	34
4.1 Metodología del Experimento Práctico	34
4.2 Resultados del Experimento Práctico	45
4.3 Limitaciones del Modelo Econométrico y la Muestra	49
5 Conclusiones	51
6 Agradecimientos	54
7 Bibliografía	55

0. Resumen y Palabras Clave

La testosterona es una hormona propia de los hombres, que hasta el momento se había relacionado con la función reproductora y sexual. Sin embargo la testosterona tiene multitud de efectos en el desarrollo del ser humano. Entre los múltiples efectos de la testosterona prenatal en el desarrollo del ser humano, tenemos que destacar su efecto en el desarrollo del cerebro. A la par, afecta también a los comportamientos y a las funciones cognitivas (memoria, atención y respuestas).

Debido a esta gran variedad de efectos en el desarrollo, creemos que la testosterona prenatal puede condicionar las decisiones de inversión de una persona, bien sea por su razonamiento ligado a las funciones cognitivas, o bien sea por sus impulsos relacionados con los comportamientos. Posteriormente podrán comprobar que es por ello por lo que las personas con mayores niveles de exposición a testosterona prenatal toman decisiones de inversión con mayor riesgo.

Abstract:

Testosterone is a hormone own men, who until then had been linked to reproductive and sexual function. However testosterone has many effects on human development. Among multiple effects of prenatal testosterone in the development of human beings, we must emphasize its effect on brain development. At the same time, it also affects behavior and cognitive functions (memory, attention and replies).

Due to this wide range of effects on development, we believe that prenatal testosterone can influence investment decisions, either by his reasoning, linked to cognitive functions, or either by their impulses related to behaviors. Then they will see that it is for this reason that those with higher levels of prenatal testosterone exposure make investment decisions with greater risk.

Palabras claves: ratio 2D:4D, testosterona, desarrollo cerebral, juego de inversión.

Key Words: ratio 2D: 4D, testosterone, brain development, investment game.

1. Introducción

Todos aquellos que en alguna vez nos hemos planteado realizar inversiones hemos pensado en que activos invertir y que riesgos asumir. Hasta el momento, se pensaba que los riesgos que tomábamos guardaban una relación con nuestro conocimiento sobre los mercados financieros, nuestra educación y nuestro entorno social.

¿Pero y si estuviésemos equivocados? ¿Y si nuestras decisiones de inversión estuvieran marcadas por otros factores no relacionados con nuestro conocimiento u entorno?

En este trabajo de investigación vamos a abordar esta pregunta, explicando que factor influye y sus efectos en la toma de decisiones de inversión, pero como resultado de esta explicación nunca volveremos a ver los mercados financieros de la misma manera y conseguiremos que se tambaleen algunas hipótesis anteriores sobre los funcionamientos de los mercados y su eficiencia.

Al igual que otros investigadores, creemos que el factor que influye en nuestra toma de decisiones es un factor endocrino que regula el comportamiento fisiológico e influye también de manera directa en los comportamientos humanos. En concreto este factor es una andrógeno denomino testosterona.

Posiblemente hasta el momento solo relacionaban la testosterona con un tipo de hormona sexual propia del género masculino y nunca se hubiesen planteado que tuviera un efecto en las decisiones de inversión para ambos sexos. Sin embargo, la función sexual en los hombres es solo una de las múltiples funciones que tiene la testosterona.

Sus funciones abarcan desde la diferenciación sexual (hecho de nacer hombre o mujer), el desarrollo de la composición cerebral, la regulación de comportamientos y la toma de decisiones.

Sus periodos de mayor exposición en ambos sexos se dan durante las primeras etapas de gestación, como posteriormente comentaremos, y es en estas cuando la testosterona tiene mayor variedad de efectos y condiciona nuestro desarrollo.

Es por ello, que el objetivo principal de nuestro trabajo de investigación es tratar de responder y argumentar la siguiente pregunta *¿Afecta la testosterona prenatal a la toma de decisiones de inversión y asunción de riesgos?*

Partiendo de que existe una relación directa entre la testosterona prenatal y la toma de decisiones más arriesgadas, planteamos nuestra hipótesis que es ***que las personas que tienen una mayor exposición a la testosterona prenatal toman decisiones de inversión con mayor riesgo.***

Para tratar de responder a esta cuestión, realizaremos un análisis teórico, que constara de dos etapas revisión de los efectos de la testosterona prenatal y revisión de experimentos realizados anteriormente, y un experimento práctico. Ambas fases serán explicadas con más detalle en el siguiente apartado que fundamenta la metodología utilizada.

En el apartado de la revisión del marco teórico se abordará el concepto de ratio 2D:4D que adelantamos que, se trata de un ratio que indica la exposición de la testosterona prenatal durante las primeras etapas y emplearemos como indicador del nivel de exposición. Lo emplearemos para ver si los resultados de unos individuos en un juego de inversión guardan alguna relación o se ven explicados por un mayor o menor ratio 2D:4D, tal y como argumenta nuestra hipótesis.

Creemos que esta cuestión merece ser investigada puesto que, en caso de testarse empíricamente que la testosterona prenatal influye en la toma de decisiones de inversión y asunción de riesgos, pondría en entredicho la teoría de la eficiencia de los mercados, teoría comentada por los premios nobel de economía de 2013.

Sería imposible pensar por tanto, que los mercados recogen toda la información y los precios reflejan su correcta valoración, ya que los inversores se moverían por factores biológicos externos al mercado y no por la información presente.

Si esta hipótesis se comprobase de manera empírica, supondría una revolución de los mercados financieros y un cambio de mentalidad de todos aquellos que se dedicasen al mundo de inversiones. Podría suponer, entre otros efectos, que los bancos analizaran mejor que productos encajan con cada cliente midiendo unos sencillos ítems e incluso podría explicar algunos movimientos de las bolsas más relacionados con la psicología.

Es por todo esto por lo que consideramos que, este tema de investigación tiene un alto interés y es una buena área de estudio.

2. Metodología

Con el fin de dotar al lector de una visión clara y concreta de cómo afecta la testosterona prenatal en la toma de decisiones de inversión y asunciones de riesgos, vamos a emplear en primer lugar, el método de investigación cualitativo que consiste principalmente en realizar una revisión bibliográfica. Posteriormente, comentaremos un experimento práctico realizado por nuestro equipo, que se basa en la toma de decisiones de inversión.

La revisión bibliográfica constará de dos partes, la primera parte la podríamos considerar de conocimientos básicos, donde, a modo de preguntas y respuestas se dotará al lector de unos conocimientos previos para que este pueda tener una idea propia, de si afecta o no la testosterona a las decisiones de inversión.

La segunda parte, abordará un análisis descriptivo de los estudios realizados por John Coates, Coren L. Apicella y Eric Strenstrom, una vez enunciados y explicados los principios antes mencionados. A su vez tendremos que mencionar, de forma complementaria, el concepto de ratio 2D:4D.

Tras comprender todo lo anterior, procederemos a explicar los resultados de un experimento práctico que realizamos, cuyo fin, es testar si las hormonas prenatales, en concreto la testosterona, afecta a la hora de elegir el riesgo de nuestras inversiones y por tanto si afecta, o no, a nuestros retornos (Binomio de rentabilidad-riesgo).

Dicho experimento consiste en un pequeño juego de inversión en el que los participantes podían elegir en que activos, con mayor o menor riesgo, querían invertir. Los resultados, en primer lugar fueron tratados con Excel y posteriormente con la herramienta de análisis estadístico gretl. Este proceso será explicado con mayor profundidad en el apartado metodología del experimento práctico.

Por último, daremos unas conclusiones acerca de nuestra hipótesis; En base a estos resultados, haremos unas previsiones de las líneas de investigación futuras, y como no podría ser de otra forma, unas recomendaciones a tener en cuenta.

3. Marco Teórico.

A continuación vamos a analizar el marco teórico en el que se sustenta nuestra hipótesis de partida.

3.1 Principios Introductorios

Este apartado de principios introductorios, se expondrá de manera breve unos conocimientos acerca de que es la testosterona, qué efectos tiene esta en el desarrollo humano, qué efectos tiene en el desarrollo del cerebro, la relación de las funciones cognitivas con el desarrollo del cerebro y la relación de las funciones cognitivas con las hormonas prenatales con el fin que el lector comprenda su relación posterior y pueda entender qué efectos tiene la testosterona en la toma de decisiones de inversión.

En primer lugar, se abordara que es la testosterona, se debe de partir de este concepto para entender su posterior relación con la toma de decisiones y poder entender la relación entre esta y la toma de decisiones de inversión.

3.1.1 ¿Qué es la testosterona?

Para entender que es la testosterona, debemos clarificar que se trata de una hormona esteroide (lípidos que carece de ácidos grasos y no puede formar jabón, ergo es insaponificable), que se encuentra dentro del grupo de los andrógenos, por tanto, es una hormona propia del género masculino. Estas son producidas en su mayoría, por las células de Leydig, situándose estas en los testículos y en menor medida por las células suprarrenales.

Aunque, no es una hormona exclusiva de hombres porque, las mujeres también producen esta hormona pero en menor cantidad en los ovarios y también en las células suprarrenales (Coates 2010).

Su forma de producción es a partir del colesterol, a través de una serie de procesos enzimáticos (Arrondo 2013).

Más adelante, las enzimas mitocondriales convierten una parte de las células de Leydig en pregnenolona y, otras enzimas convierten mediante un proceso biosintético esa pregnenolona en testosterona. Posteriormente, la testosterona se traslada junto con las proteínas por la sangre.

Una vez explicado este proceso de producción de la testosterona aclaramos que finalmente, una parte va ligada a la globulina (59%-60%), como el resto de las hormonas sexuales, mientras que por el contrario la otra parte, va ligada a la albumina (40-41%), que va a desembocar a los órganos o tejidos diana, en los que esta se libera fácilmente con lo que afectara al resto de las funciones del desarrollo como posteriormente se comenta en este trabajo.

Se hace saber por la comunidad científica que un tejido es aquella agrupación de células semejantes que realizan una misma misión, y la agrupación de estos tejidos es lo que se entiende por órgano.

En el hombre, la función principal de esta hormona es el control del impulso del lívido y ayuda a la regulación de la producción de espermatozoides en los testículos. Por eso la testosterona se considera fundamental para la función sexual, ya que sin ella los órganos reproductores masculinos no recibirían el impulso de producir espermatozoides y, esto conllevaría la imposibilidad de la función reproductiva. Como resultado, la carencia o nivel bajo de esta hormona en los varones está relacionada con problemas de esterilidad.

Aparte de las funciones sexuales se ha comprobado, mediante el psicoanálisis, que la testosterona tiene efectos en el comportamiento social de las personas. Una mayor presencia de testosterona puede fomentar comportamientos agresivos o comportamientos de asunción de riesgos que en situaciones normales no tendrían lugar.

Este factor psicológico, se debe a que uno de los órganos, o tejidos diana que absorbe dichas hormonas es la amígdala. Una mayor absorción de testosterona afecta al modo en el que la amígdala se desarrolla conllevando con ello algunos posibles comportamientos menos racionales o más de instinto animal, que conllevarían una percepción más agresiva.

Aunque ahora nos hayamos centrado en el efecto sexual propio de la testosterona en el hombre y hayamos mencionado el factor psicológico más adelante veremos cómo afecta a ambos sexos y su correcto desarrollo físico.

En concreto en el siguiente apartado vamos a exponer alguno de los efectos que tiene la testosterona a la hora del desarrollo del ser humano.

3.1.2 ¿Qué efectos tiene la testosterona en el desarrollo humano?

Como ya hemos dicho anteriormente, la testosterona está principalmente asociada a la función reproductora y sexual de los hombres, ya que es fundamental para el correcto funcionamiento de las glándulas sexuales del aparato reproductor. Sin embargo, los efectos de la testosterona son muchos y están relacionados con el buen funcionamiento de la totalidad de nuestro organismo. Los efectos de la testosterona no solo se centran en el impulso del lívido, sino que también afecta a otros órganos o tejidos.

Ahora bien, no podemos obviar que tanto hombres como mujeres se ven expuestos a la testosterona que genera el propio embrión en las primeras etapas de desarrollo. Es, en esta etapa del desarrollo embrionario, cuando la testosterona afecta a un desarrollo primario de diferentes órganos y tejidos (lo que se denomina Diferenciación Celular).

Posteriormente ambos géneros se ven expuestos a otro tipo de hormonas características de su sexo. Por lo que, para el desarrollo y maduración de los diferentes tejidos y órganos afectados, no solo se tiene en cuenta la testosterona.

Pero como es de esperar por el enunciado de este trabajo vamos a centrarnos en cómo afecta la testosterona a estos diferentes tejidos u órganos.

Siendo así pues, lógico y esperable, que comencemos por aquella fase en la que la testosterona es transportada por la sangre, en concreto por la albumina (proteína que se sitúa en el plasma sanguíneo), hasta que va a parar a los distintos tejidos y órganos a los que afecta. En ellos, es absorbida por los núcleos celulares y dependiendo de la célula concreta, tiene uno u otro efecto.

Una vez en estos núcleos celulares, la testosterona es procesada y; o bien ayuda al crecimiento y diferenciación de las células propias del tejido u órgano diana, en el que se absorben, o bien, evita que algunas enfermedades se desarrollen. Por último, veremos que puede afectar a diversos tejidos y órganos diana que a continuación mencionaremos.

Entre los distintos tejidos diana a destacar, resaltaremos; el conducto de Wolf (que está relacionado con el crecimiento), los huesos (ya que reduce una de las principales causas de la osteoporosis que es el hipogonadismo), a las cuerdas vocales y al vello de la piel (ya que será fundamental para su crecimiento), y por último, entre los diferente tejidos aquí destacados, a la masa muscular (ya que tiene efecto anabólico).

Y por otro lado resaltaremos entre los órganos diana; los riñones y el hígado (ya que la testosterona juega un papel importante en la síntesis de proteínas), a las mamas (ya que afecta de forma inversamente proporcional a su crecimiento), a la hipófisis, al hipotálamo y al cerebro (ya que la testosterona afecta a su crecimiento y correcto funcionamiento como posteriormente explicaremos). (Arrondo 2013).

A pesar de que sería muy interesante abordar la totalidad de los posibles efectos que esta hormona tiene en los diferentes tejidos u órganos, nosotros nos centraremos sobre todo, en cómo afecta la testosterona en el desarrollo del cerebro, ya que consideramos este efecto fundamental para someter a control y prueba nuestra línea de investigación.

Los andrógenos (dentro de los cuales se encuentra la testosterona) en la fase prenatal son fundamentales a la hora de desarrollar el cerebro tanto en; su distribución, su fisionomía y desarrollo de sus funciones (Coates 2010). En concreto, afecta al correcto desarrollo de la sustancia gris y a la sustancia blanca, situadas en la zona del córtex prefrontal. Como más tarde veremos la testosterona permite la ramificación de las neuronas y esto posibilita un desarrollo de las funciones cognitivas.

Siguiendo con esta idea en el siguiente apartado expondremos los efectos que tiene la testosterona en el desarrollo del cerebro y posteriormente recalcaremos su importancia.

3.1.3 Efectos de la testosterona en el desarrollo del cerebro.

El cerebro es la parte fundamental del sistema nervioso de los seres humanos. Está conformado por dos hemisferios, divididos a su vez por un surco medio. Su tejido gris-rosáceo está compuesto por miles de millones de células nerviosas (neuronas) interconectadas entre ellas (Arrondo 2013).

El cerebro es el órgano central de la actividad de los seres, controla el movimiento, la alimentación, la respiración y todas aquellas actividades primarias necesarias para subsistir. Otra de sus funciones principales es recibir, interpretar y dar respuesta a los numerosos estímulos del exterior.

En un primer momento del desarrollo del embrión, la mayor o menor síntesis de testosterona por el nucleus accumbens (es un grupo de neuronas que se sitúan sobre el septum o encéfalo) tiene como efecto la organización y la diferenciación de la composición del cerebro tanto para hombres como para mujeres.

Esta diferenciación, conlleva no solo el desarrollo de un cuerpo físico diferente sino también el desarrollo de un comportamiento diferente dependiendo del sexo (Vadakkadath Meethal & Atwood 2005). Estas diferenciaciones tienen lugar durante un periodo de tiempo comprendido entre las semanas nueve y la semana dieciocho de gestación.

Recientemente se han estudiado las diferencias morfológicas del cerebro entre los distintos sexos, en concreto en las zonas del hipotálamo, la comisura interior y el cuerpo calloso. Dentro de estas líneas de investigación se han encontrado evidencias de que el cerebro se desarrolla de manera diferente en los hombres y en las mujeres.

Me gustaría dejar claro que en ningún caso las líneas de investigación seguidas por los investigadores tratan de indicar que un cerebro es mejor que otro, sin embargo lo que si reafirman es que los cerebros de un género están mejor compuestos (fisiológicamente hablando) para unas tareas que el del otro.

Una vez diferenciado el cerebro, aún durante la época prenatal o fase embrionaria (Cohen-Bendahan et al 2005), el cerebro se convierte en una de las principales zonas receptoras de esteroides u órgano diana del cuerpo, en concreto la zona del hipocampo, el córtex prefrontal y la amígdala. Estas tres zonas sintetizan la producción de la testosterona a través de los núcleos de las neuronas y otras células presentes en la sustancia gris.

Es en este momento cuando la sustancia gris de la zona prefrontal comienza a incrementar su tamaño de manera considerable y no para hasta aproximadamente los 12 años.

Por el contrario, la sustancia blanca también presente en el cerebro, tiene un crecimiento menos rápido debido a su proceso de mielinización más lento pero más duradero ya que se estima que su momento de máximo desarrollo está en la adolescencia, su crecimiento puede llegar hasta a continuar hasta bien entrada la segunda década de la vida del ser humano.

Paralelamente al desarrollo macroscópico de la sustancia gris y blanca, en esta fase las neuronas comienzan su crecimiento tanto longitudinal como de carácter volumétrico de sus ramificaciones presentes en el córtex prefrontal. Este desarrollo permite la interconexión entre los dos hemisferios del cerebro.

Esta interconexión es necesaria para la correcta convergencia de la información. Todo el desarrollo del cerebro dado en esta etapa es fundamental para entender correctamente la relación entre las hormonas y las funciones cognitivas ya que las ramificaciones anteriormente mencionadas permiten el procesamiento de informaciones más complejas.

En el siguiente apartado expondremos los conocimientos básicos acerca de las funciones cognitivas, estas como posteriormente observareis son

fundamentales en la toma de decisión ya que sin ellas no seríamos capaces de recordar y actuar según los estímulos de nuestro entorno.

3.1.4 ¿Qué son y en que se basan las Funciones Cognitivas?

La Real Academia de la Lengua Española define cognición como la acción y el efecto de conocer (DRAE, 2001) y define conocimiento como entendimiento, inteligencia o razón natural. Se entiende por tanto por cognición, aquel acto de entendimiento o hecho de inteligencia que tiene lugar en la mente del ser humano.

Cuando hablamos de funciones cognitivas en este trabajo hacemos referencia a tres funciones principales relacionadas con la inteligencia y el acto de conocer que son, la memoria, las respuestas inhibitorias y la atención, que residen fundamentalmente en el córtex prefrontal. Nos centramos en estas tres ya que las consideramos fundamentales para responder nuestra pregunta de partida que es ¿Cómo afecta la testosterona prenatal a las tomas de decisiones de riesgo?

Además, no solo las consideraremos como funciones individuales sino que las consideraremos agrupándolas de dos en dos ya que nunca influyen de manera individual en la actividad cerebral. La memoria se relaciona con las respuestas inhibitorias y ambas están presentes en el mantenimiento de la memoria y como algunos recuerdos o secuencias memorizadas están más presentes en nuestro subconsciente o por el contrario son olvidadas (Diamond 1988).

Por otro lado, la atención y la inhibición de respuestas son fundamentales cuando observamos ya que nos permite fijarnos en algún evento o hecho y no fijarnos en otros menos relevantes.

Estas tres funciones están presentes tanto en el aprendizaje cognitivo como en el aprendizaje social desde un primer momento y marcan los procesos inhibitorios en ambos, además son fundamentales para el análisis y la percepción del entorno de una manera individual y única.

Por ello, no sería descabellado asumir que a la hora de analizar inversiones empleemos las mismas funciones cognitivas que para analizar nuestro entorno y emitir decisiones corrientes.

A continuación, relacionaremos todo lo mencionado en este apartado con el desarrollo del cerebro para comprender en profundidad como se desarrollan las funciones cognitivas.

¿Cuál es la relación entre las funciones cognitivas y el desarrollo del cerebro?

Como antes he mencionado, el cerebro comienza su desarrollo a una edad temprana, durante la fase embrional, pero continua durante la infancia y la adolescencia.

Las funciones cognitivas al residir en el córtex prefrontal también se ven afectadas por el crecimiento de este, y a medida que esta zona del cerebro se va desarrollando, las funciones cognitivas también lo hacen. Este desarrollo de las funciones cognitivas permite que en nuestro cerebro se procesen distintos tipos de información tales como la información emocional, espacial y verbal y la posterior conexión entre la observación de la información y su retención en la memoria.

En el estudio científico de divulgación *Structural and functional brain development* de B.J Casey, Jay N. Giedd y Kathleen, M. Thomas podemos encontrar varios experimentos que demuestran que ante ciertas actividades de memoria y procesamiento de información se emplean zonas del córtex prefrontal.

Para demostrarla hipótesis de su equipo, que era que algunas zonas del cerebro estaban más implicadas que otras en el procesamiento de información, emplearon escáneres de actividad cerebral en los cuales se podía observar, después de haber dado a los participantes unos químicos cuyo efecto al absorberse y procesarse era la iluminación frente al escáner, que regiones de su cerebro se iluminaban más a la hora de afrontar diversas situaciones.

Realizaron experimentos tanto con niños como con adultos. El primer experimento consistía en un ejercicio visual, se les enseñaba una bola, después esta se escondía detrás de una caja o cartón y posteriormente pedían al sujeto que indicase donde recordaba haber visto la bola.

Los experimentos iban subiendo de complejidad hasta que en la muestra de los adultos se les pedía que leyesen un documento y al cabo de cinco minutos recitasen parte de él. Se observó que la parte del córtex está muy relacionada con la acción de memorizar, además se observó que en los casos que se equivocaban y se les indicaba se iluminaba su zona controladora de emociones situada en la amígdala.

Del experimento que realizó, podemos extraer apoyándonos en sus conclusiones que las zonas dorso lateral del córtex prefrontal y zona derecha del córtex parietal superior son fundamental a la hora de procesar la información de los estímulos y se ve iluminada cuando el sujeto realiza tareas de atención y memorización y posteriormente cuando el sujeto reacciona ante lo percibido.

Por tanto, basándonos en la investigación citada podemos afirmar que las funciones cognitivas residen en la zona del córtex prefrontal y el córtex parietal superior. Sin embargo algunos investigadores creen que no solo residen en dicha zona sino que es esta zona la que controla parte del procesamiento de formación por parte del resto de las neuronas situadas en la materia gris (Arrondo 2013).

Por lo que, no estaríamos muy errados al afirmar que ante a un mayor desarrollo de las mismas podríamos observar un mayor desarrollo de alguna de las funciones.

Por último, y para cerrar el círculo, en el siguiente apartado expondremos la relación que guardan las funciones cognitivas con las hormonas prenatales. De esta forma el lector podrá comprender la totalidad de la base teórica en la que se basa nuestra hipótesis que es:

Las personas que tienen una mayor exposición a la testosterona prenatal toman decisiones de inversión con un mayor riesgo.

3.1.5 ¿Qué relación tienen las funciones cognitivas y las hormonas prenatales?

Las funciones cognitivas residen en el cerebro, y por tanto se van a ver afectadas por la forma en la que este se desarrolle. Como hemos mencionado, el cerebro es uno de los órganos diana de la testosterona que fluye libre por el circuito sanguíneo y se ve afectado de manera considerable por los andrógenos y en concreto por la testosterona (B.J. Casey 2000).

Estas hormonas forman parte del proceso diferenciador el cerebro entre hombres y mujeres y hace que adopte una distribución diferente.

Afectan al desarrollo del córtex prefrontal (relacionado con la memoria), el nucleus accumbens (asociado con la asunción de riesgos irracionales) y la amígdala que actúa en el sistema emocional (McEwen 2007).

Como hemos afirmado ya con anterioridad, y apoyándonos en la investigación de B.J Casey, podemos decir que al desarrollarse las zonas donde residen las funciones cognitivas y al permitir una mayor interconexión de las ramificaciones neuronales un mayor desarrollo de las regiones cerebrales del córtex prefrontal, la amígdala y el nucleus accumbens conlleva un mayor desarrollo de las funciones cognitivas.

Por tanto, las hormonas prenatales y no prenatales son esenciales para la evolución de las funciones cognitivas y permiten al ser humano madurar sus capacidades de retención y análisis de información en la memoria y dar respuesta a los estímulos y situaciones de su entorno (B.J. Casey 2000).

3.2 ¿Afecta la testosterona prenatal a las tomas de decisiones de riesgo?

Hasta el momento, hemos ido desmenuzando como afecta la testosterona prenatal al desarrollo del cerebro y las implicaciones de este en las funciones cognitivas para tratar de dotar al lector de unos conocimientos básicos sobre fisiología y el sistema endocrino (Regulador de Hormonas).

A continuación, vamos a abordar los experimentos más significativos realizados para intentar testar esta hipótesis, explicando desde el punto de vista de los autores las ventajas y posibles inconvenientes de cada uno así como sus conclusiones.

Para un primer acercamiento a estos experimentos, se deben comentar los trabajos realizados por John Coates, Mark Gurnell y Zoltan Sarnyai que relaciona los niveles de testosterona con la toma de decisiones de inversión y la asunción de riesgos. Este trabajo marco un precedente sobre la línea de investigación de las neurofinanzas.

3.2.1 Experimento realizado por John Coates

John Coates y su equipo argumentan que la testosterona participa tanto en el acto sexual como en los actos de competitividad por tanto no sería descabellado asumir que pueda afectar también a las tomas de decisiones de riesgo financiero. Si afecta a un comportamiento puede afectar a cualquier comportamiento con cierto grado de similitud.

En los diversos estudios que se han realizado acerca de la testosterona, se ha demostrado que la testosterona aumenta para alcanzar un comportamiento sexual, pero aumenta en mayor medida si el individuo se enfrenta a un cambio de carácter social o a un reto a resolver (Wingfield et al 1990).

Ante una situación de reto o desafío el ser humano aumenta los niveles de testosterona y en el momento que consigue superar el reto los niveles son máximos.

También se ha demostrado, que la testosterona aumenta en los atletas que se están preparando para una competición llegando a tocar un máximo cuando ganan una competición o disminuyendo en caso de perder o esperar una pérdida (Archer J 2006).

John Coates decidió intentar testar la hipótesis de que la testosterona afectaba a las asunciones de riesgos a la hora de realizar inversiones. Para ello realizó un experimento a una serie de traders de la bolsa de Londres. Los traders suelen tener una edad comprendida entre los 18 y los 38 con una media de 27,6 años y pueden llegar a manejar inversiones de entre cien mil y quinientos millones de libras.

Un trader de la bolsa de Londres realiza inversiones con importes muy elevados como hemos mencionado y no suele mantener nunca las inversiones más del periodo que dura la actividad diaria. Este hecho hace que la tensión que se genera y con la que tienen que lidiar sea muy elevada y sea comprendido cada día como un reto para batir al mercado ya que de sus resultados depende muchas veces hasta el 70 % de su salario.

El equipo de Coates trató de observar si los traders que obtenían unos mayores resultados comparándolos contra la media de resultados del mercado eran debidos a un aumento de la testosterona que les había llevado a asumir mayores riesgos de carácter financiero. Para realizar ese experimento realizaron mediciones del nivel de testosterona mediante análisis de la saliva dos veces al día durante ocho días consecutivos.

Las mediciones eran realizadas a primera hora de la mañana y al cierre del mercado a las 4 pm. Al final de cada día cada uno de los traders participantes del experimento rellenaba un cuestionario sobre su comida, medicación consumida o si habían tenido noticias inquietantes sobre sus familias o sus hogares.

Este pequeño cuestionario era para intentar eliminar el efecto derivado de cualquier otra cosa que no fuese la mera actividad profesional de los traders y nada más afectase al sistema endocrino.

Observaron, que los días en los que los traders obtenían un resultado en su cuenta de pérdidas y ganancias por encima del resultado del mercado, la lectura de hormonas mediante la prueba en saliva indicaba un mayor nivel de testosterona que el resto de los días que no habían superado al resto del mercado.

Los resultados de su cuenta de pérdidas y ganancias diaria eran obtenidos del resumen de última hora del banco con el que operaban los traders.

En concreto, una mayor lectura de la testosterona en la saliva por las mañanas tenía una correlación positiva con su cuenta de resultados obtenidas al final del día.

Pero no fueron capaces de determinar si la testosterona causaba las ganancias mediante la asunción de riesgos o si por el contrario era al revés y las ganancias generaban a modo de satisfacción niveles más elevados.

Podría ser que la testosterona se elevase ante mayores resultados, tal y como hemos comentado la testosterona alcanza máximos ante situaciones de éxito, sin embargo también podría tratarse de que un incremento de la testosterona afecte al comportamiento de los traders y les haga tomar decisiones de inversión más arriesgada mediante la inhibición de la percepción del mismo. También comprobaron que la volatilidad y la testosterona no guardaban correlación.

Para intentar demostrar esta hipótesis, se realizó un segundo experimento más complejo que se fijaba en la testosterona prenatal y no en los niveles presentes cada día, para ello empleo como una medida de medición el ratio 2D/4D, o ratio que mide la longitud del segundo dedo sobre el cuarto de la mano (Coates et al 2009).

Como anteriormente hemos mencionado, los andrógenos en la fase prenatal tiene una función organizativa, diferenciadora y desarrolladora del cerebro y otras partes de la anatomía (Cohen – Bendahana et al 2005).

Según la organización y actividad de las hormonas en las fases prenatales, el humano adulto tiene una mayor o menor sensibilidad a las circulaciones de testosterona a las que se ven expuestos. Coates y su equipo quisieron ver si estos traders eran muy sensibles o poco sensibles a la testosterona.

Es por esto por lo que querían realizar mediciones de la testosterona prenatal, sin embargo esa medición es casi imposible de llevar a cabo.

Debido al factor fisiológico de la testosterona prenatal, al estar expuestos quedan trazas o indicios medibles en el cuerpo de un adulto. Ellos usaron el ratio 2D:4D que se considera el más adecuado para realizar una medición en los estudios relacionados con el comportamiento (McIntyre 2006).

El ratio 2D:4D que hace referencia a la longitud del segundo dedo sobre la longitud del cuarto dedo de la mano, se empleó por primera vez como marcador del efecto de las hormonas prenatales en 1998. Un nivel bajo del ratio 2D:4D indica un nivel elevado de presencia de testosterona prenatal (Manning et al 1998) esto es posible debido al efecto de diferenciación fisiológica del cuerpo humano que tiene esta hormona.

El ratio 2D:4D es una característica dimorfa, los ratios de longitud de los hombres son por regla general inferiores a los ratios 2D:4D de las mujeres. Esto se debe principalmente a la diferenciación que tiene lugar entre el primer trimestre gestación y los dos años (Brown 2002). Se suele usar como referencia de comportamientos agresivos (Bailey & Hurd 2005) y capacidades atléticas.

Algunos estudios han demostrado que el ratio 2D:4D tienen una correlación negativa con las violaciones de tráfico, así como con la conducción temeraria (Schwerdtfeger, Heims y Heer, 2010).

Para realizar una correcta medición del ratio 2D:4D se fotocopiaron las imágenes de la mano derecha de los traders.

Coates y su equipo realizaron el experimento a 44 traders, contando entre ellos 14 que ya habían participado en el experimento anterior, tuvo que descartar a cinco miembros de la muestra por problemas en las mediciones de sus ratios. Empleando el ratio fueron capaces de analizar la sensibilidad de los traders ante subidas de testosterona en un día, y se dieron cuenta que aquellos que tenían un menor ratio 2D:4D, conseguían ganar más dinero cuando su testosterona subía. Esto era debido que ante una mayor presencia de testosterona prenatal el trader era más sensible y por tanto el efecto en su comportamiento de inversión era mayor.

Para comprobarlo emplearon un modelo con otras dos variables que podían ser explicativas de la cuenta de resultados. Estas variables eran la edad y los años de experiencia. Una mayor edad podría conllevar mayor conocimiento de los mercados así como una sensibilidad debido a las experiencias vitales del trader. Por otro lado, una mayor experiencia conlleva un conocimiento del mercado de inversiones que le permiten prever de una forma más precisa los resultados de cada tipo de activo financiero.

Una vez analizado el modelo, observaron que la edad no tenía una correlación elevada con la cuenta de pérdidas y ganancias de los traders y acabaron descartando esta variable quedándose solo con la experiencia y el ratio 2D:4D como variables explicativas de los resultados.

A la luz de sus descubrimientos, parece que la testosterona prenatal es capaz de predecir al éxito en los traders a largo plazo. Este éxito se basa en el modelo de trabajo de inversiones, y una rápida respuesta mental. Sin embargo y tal y como comenta Coates en su artículo en aquellas situaciones que se tiene más tiempo para reaccionar dicha relación se difumina y no es posible observar en su totalidad el efecto de la testosterona prenatal.

Estos resultados conectan con otros estudios realizados que indican que los andrógenos tienen un efecto en el aumento de la confianza y la preferencia por los riesgos (Hermans et al 2006) y no solo en el desarrollo del cerebro.

También está relacionado con la rapidez, la visualización, la atención, la vigilancia, y la capacidad de diferencias realidades de camuflajes, a la vez que reduce las distracciones del entornos mejorando la eficacia de nuestra atención.

3.2.2 Experimento realizado por Coren L. Apicella.

Hasta el momento solo se habían realizado dos estudios significativos acerca del efecto de la testosterona en las decisiones de riesgos, encontraron que la aversión al riesgo esta positivamente correlacionado con el ratio 2D:4D para una muestra de hombres y mujeres de Suecia (Dreber and Hoffman, 2007) y que la testosterona tiene una correlación con la cuenta de pérdidas y ganancias obtenidas por unos traders en la bolsa de Londres (Coates & Herbert, 2008).

Pero Apicella y su equipo decidieron intentar llevar más lejos esta línea de investigación y realizaron un estudio a 98 hombres de entre 18 y 23 años, todos ellos estudiantes de Harvard. De los 98, 89 eran heterosexuales, 7 homosexuales, el 67 % era blanco, el 10 % de Asia, el 4 % eran negros, el 4 % hispanos y el 15 % una mezcla del resto.

Se realizó una medición del ratio 2D:4D a la muestra excluyendo a 18 individuos por fallos en la medición o poca calidad fotográfica de la misma a pesar de ser realizada con CanoScan. Los niveles de testosterona fueron medidos a través de tomas de saliva recogidas entre la 1 y la 3 de la tarde y no se encontraron diferencias entre las muestras y la concentración.

Aparte de realizar mediciones de testosterona, tomaron fotografías de las facciones de la cara de aquellos estudiantes sin gafas y con pelo.

De estas fotos tomaron puntos faciales que mostrasen diferencias dimorfas o que muestran diferencias sexuales como en otros estudios (Baker & Tiddeman, 2001). En total se escogieron 4 puntos de medición, que en conjunto formaban un índice de masculinidad facial. Un mayor índice indica un mayor grado de masculinidad.

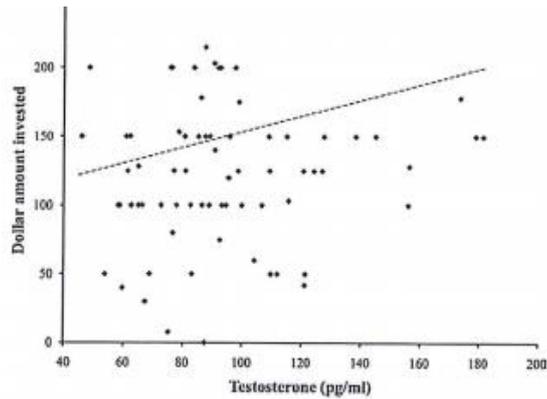
Para ligar la testosterona con las tomas de decisiones de riesgo realizaron un juego de inversión con dinero de verdad en el cual se le daba a cada participante 250 \$ y podían elegir entre efectivo o invertir en activos con riesgo. Si perdían una parte podían seguir optando a invertir o quedarse el dinero en efectivo. Al finalizar el experimento aquellos que habían obtenido unos mayores resultados fueron recompensados con los rendimientos que habían obtenido de sus inversiones.

Mediante un análisis de regresión lineal Apicella midió la relación entre la testosterona, masculinidad facial, ratio 2D:4D y las preferencias de riesgo. Se descartaron las variables de edad y peso como variables de control.

También se descartaron las variables étnicas al no mostrar correlación con la testosterona. El estudio de Apicella descubrió que las personas que se declaraban homosexuales tenían una mayor aversión al riesgo que aquellos que se declaraban heterosexuales, pero esto no muestra una testosterona en circulación mayor entre los heterosexuales y los homosexuales.

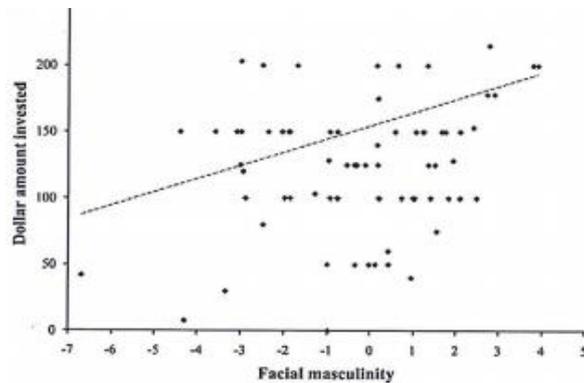
Los resultados descartan la correlación entre testosterona circulante y el índice de rasgos faciales masculinos al igual que no han conseguido demostrarlo otros estudios. Tampoco encontraron evidencias de que el ratio 2D:4D esté relacionado con la testosterona en circulación o con los ratios de Masculinidad facial.

Lo que sí consiguió demostrar este experimento es la relación entre la testosterona y los niveles de riesgo en los juegos de inversión (medida como cada euro invertido en productos de riesgo).



Fuente: Testosteron and financial risk preferences Coren L Apicella 2008.

Otra relación obtenida en el experimento es la relación entre cada euro invertido como medida de riesgo y los rasgos faciales masculinos



Fuente: Testosteron and financial risk preferences, Coren L Apicella 2008.

Por tanto este experimento concluyó que existe una relación entre el riesgo y la testosterona prenatal pero esta no siempre es extrapolable al resto de muestras ni se puede probar el resto de variables.

3.2.3 Experimento realizado por Eric Strenstrom

Siguiendo con la línea de investigación abierta por John Coates y Coren L. Apicella, Eric Strenstrom, Gad Saad, Marcelo V. y Zack Mendenhall de la universidad de Concordia, Canadá, realizaron un experimento para tratar de solventar los posibles fallos del experimento anterior.

Este experimento parte del efecto que tiene la testosterona en la organización del cerebro y los comportamientos sexuales (Archer 2006), y de las hipótesis de que los hombres son más arriesgados que las mujeres a la hora de realizar inversiones (Van Leijenhort, Westenberg & Crone 2008).

Con los resultados de Coates y Herbert (2008) se demostró que la testosterona medida en la mañana predice las ganancias de su cuenta de pérdidas y ganancias, el efecto de la testosterona circulante y la correlación positiva con las preferencias por los riesgos a la hora de realizar inversiones (Apicella et al 2008).

El equipo de la universidad de Canadá trato de complementar su investigación y comprobar si de verdad existe una correlación entre la toma de riesgos y la testosterona prenatal. Para ello realizaron un estudio con una muestra de cuatrocientos cuarenta y nueve alumnos de la universidad.

De estos 5 se habían roto los dedos y 34 no llegaron a completar el estudio por tanto su muestra efectiva fueron 413 alumnos. De esta muestra el 53 % eran hombres y 47 % mujeres, esto se debe a que el equipo intentaba testar a la vez si esa correlación se daba para ambos géneros o solo para el género masculino.

Se empleó un muestra heterogénea étnicamente hablando, el 58 % eran caucásicos, el 22% asiáticos, el 10 % de Europa del Este, 2% hispanos, 2% negros y otro 6 % mezcla de razas u otras.

Al igual que en el experimento anterior, los participantes debía rellenar un informe acerca de información demográfica y sobre conocimientos financieros. El nivel de riesgo se midió empleando 5 categorías de riesgos distintos descritos en la escala de Weber (Weber et al 2002).

Las 5 categorías son riesgo en el ocio, riesgo financiero, riesgo social, riesgo ético y riesgo médico o físico. Cada uno de las 5 categorías de riesgos contiene 10 ítems que se valoran del 1 al 5. Todos estos riesgos son unidos con el alpha de Cronbach (Escala que convierte 5 ítems en uno solo).

En este estudio en además de realizar la medición del ratio 2D:4D, el equipo utilizó la medición del ratio 2D /1D3D4D5D. Este ratio que se denomina rel2 fue introducido por Loehlin. Empleándose este ratio en una muestra de 800 adolescentes australianos se vieron que las diferencias sexuales eran más evidentes en este ratio que en el 2D:4D.

Volviendo al experimento, se realizó la medición del ratio 2D:4D y el rel2 de las manos derecha de cada uno de los sujetos participantes mediante compases, ya que son estos los que muestran mejor la diferencia sexual.

Para tratar de solucionar alguno de los problemas que se le presentaron a John Coates y su equipo midieron mediante submuestras para controlar el efecto del género y la heterogeneidad étnica. Se realizaron mediciones para el total de la muestra, a los hombres, a las mujeres y las distintas razas significativas.

Con estas submuestras descubrieron que el efecto de los dígitos son más evidentes en las muestras étnicamente homogéneas, el ratio 2D:4D y el rel2 para la muestra tienen una correlación negativa con los niveles de riesgo.

Table 2
Correlations (Pearson r) of digit ratios (2D:4D and rel2) with risk-taking behaviors.

Risk domain	Caucasian men (n = 130)		Caucasian women (n = 109)		Men (n = 219)		Women (n = 194)	
	2D:4D	rel2	2D:4D	rel2	2D:4D	rel2	2D:4D	rel2
Recreational	-0.162*	-0.203**	-0.035	0.073	-0.092	-0.070	0.056	0.125
Financial	-0.081	-0.142*	0.035	-0.038	-0.132*	-0.089	0.032	0.002
Social	-0.167*	-0.213**	-0.013	-0.049	-0.065	-0.084	-0.037	-0.081
Ethical	-0.061	-0.083	-0.061	-0.059	-0.075	-0.083	0.029	0.022
Health	-0.015	-0.049	0.057	0.039	-0.035	-0.052	0.047	0.031
Overall	-0.150*	-0.210**	-0.010	0.000	-0.119*	-0.113*	0.046	0.046

* p ≤ 0.05.

** p ≤ 0.01 (one-tailed).

Fuente: Eric Stenstrom, Testosteron and domain-Specific risk: digit ratios (2D:4d and rel 2) as predictors of recreational, financial, and social risk-taking behaviours.

A pesar de sus expectativas, no encontraron una correlación significativa entre el ratio de dígitos y los riesgos étnicos y riesgos físicos.

Por el contrario, y tal como había pasado en otros estudios sí que encontraron una correlación negativa entre los ratios de dígitos y la asunción de riesgos, en concreto entre el ratio 2D:4D y la toma de riesgos financieros ($r=-0,132$ $p<0,05$), entre el ratio 2D:4D y el riesgo total ($r=-0,119$ $p<0,05$), y entre el ratio rel2 y el riesgo total ($r=-0,113$ $p<0,05$).

Al igual que los anteriores estudios abordados, en este encontramos una relación entre el ratio 2D:4D y la asunción de riesgos. Sin embargo no podemos concluir que esto se deba solo a la testosterona y que no haya otros efectos sociológicos, étnicos, religiosos, sexuales o culturales que afecten a esta correlación. Para ayudarnos a clarificar si la testosterona prenatal afecta a la toma de decisiones de inversiones arriesgadas comentaremos brevemente otros estudios y sus resultados.

Antes de pasar a explicar otros modelos que han investigado acerca de esta cuestión, nos gustaría presentar una tabla resumen de los tres modelos anteriores, en la cual podemos observar las diferencias muestrales, las diferencias en cuanto variables empleadas, el formato del experimento realizado y la discusión.

Investigador	Año	Muestra	Variables Principales	Discusión	Avances
J. Coates	2008	44 Hombres	Nivel de testosterona en la saliva, edad, años de experiencia y ratio 2D:4D.	Se creía que existía una relación entre la testosterona en la saliva y los resultados.	Observaron una relación entre los niveles de testosterona y las ganancias.
C. L. Apicella	2008	98 Hombres y Mujeres	2D:4D, medición masculinidad facial, sexualidad, edad y variables étnicas.	Trataron de demostrar si el ratio 2D:4D era indicativo del nivel de testosterona prenatal.	Descubrieron una relación entre los rasgos masculinos la testosterona y los resultados.
E. Stenstrom	2010	449 Hombres y Mujeres	5 medidas de riesgos, ratio rel2 y 2D:4D, variables étnicas y edad.	Empleando el ratio rel2 y 2D:4D buscaron la relación entre la testosterona y la asunción de riesgos.	No consiguieron demostrar la relación entre los ratios de dígitos y los resultados.

3.2.4 Otros Estudios

Durante las últimas décadas, se han realizado multitud de experimentos cuyo fin es testar la hipótesis de que la testosterona prenatal afecta a las decisiones de inversión y toma de riesgos. Esto se debe fundamentalmente al auge del desarrollo del área financiera comprendida como Behavioural finance. En estos estudios, también podemos encontrar alguno de los efectos y correlaciones anteriormente mencionadas en los tres principales estudios.

En primer lugar, podemos citar que la correlación entre los ratios de dígitos y la toma de decisiones arriesgadas, también ha sido observado en juegos inversión en los que los alumnos de una clase tenían que elegir en que activos financiero invertir. Sus ratios 2D:4D tenían una alta correlación con sus preferencias acerca de asumir o no riesgos a la hora de invertir (Apicella et al 2006).

Parece que el ratio 2D:4D sí que tiene relación con las hormonas prenatales y las decisiones de riesgos pero se debe tener en cuenta algunos factores étnicos, ya que no todas las razas son iguales y su desarrollo físico es diferente. Sin embargo si tomásemos una gran muestra teniendo en cuenta personas de diversas etnias y diversas edades podríamos comprobar que la hipótesis de John Coates se cumple y a largo plazo un menor ratio 2D:4D conlleva mayores ganancias.

En segundo lugar, otros estudios han corroborado que niveles altos de testosterona o incrementos de testosterona incrementan otras acciones del ser humano, por ejemplo elevan la vigilancia y las actividades visual motoras, como podría ser el análisis visual de objetos (Salminen et al 2004). También se ha hallado que niveles altos de testosterona aumenta el instinto animal de búsqueda (Andrew & Rogers 1972).

No se nos puede olvidar por tanto, que los andrógenos son hormonas que entre otras cosas regulan el comportamiento humano, por eso podría ser que una mayor presencia de hormonas conlleve un comportamiento más agresivo o más arriesgado debido a la inhibición de la percepción de ciertos estímulos.

Otros estudios han comprobado que la testosterona está ligada a los comportamientos antisociales y la delincuencia en las etapa de la adolescencia (Rowe, Maughan et al 2004). También se la relaciona con el consumo de drogas, alcohol, tabaco e incluso, se relaciona la testosterona con el llegar a tener varias parejas (Booth, Johnson & Granger, 1999). La relación de la testosterona con la asunción de riesgos también queda reflejada en las elevadas probabilidades de mortalidad en accidentes de coche por excesos de velocidad (Owens, 2002).

Otros investigadores no están tan de acuerdo en la relación encontrada entre la testosterona prenatal y la toma de decisiones de inversión.

Criticar que es muy complicado medir el impacto en la sensibilidad hacia la testosterona en la etapa adulta generada por la testosterona prenatal. Además critican que esta correlación solo se ha dado por que la muestra es heterogénea y no presenta variedad en cuanto a géneros ni en cuanto a diversidad cultural clara. Otros investigadores no encontraron correlaciones tras cuatro semanas de tratamiento con esteroides (Zethraeus et al 2009).

Sin embargo, se ha comprobado que los alumnos de un MBA con mayores niveles de testosterona son más propensos a elegir una carrera en el sector financiero tras acabar sus estudios que aquellos con niveles de testosterona menores (Sapienza, Zingales and Maestripieri 2009).

A pesar de no haber consenso entre los investigadores, estos experimentos cuestionan la hipótesis de que los mercados de capitales son eficientes, de que los precios están perfectamente regulados y nadie puede superar continuamente al mercado.

Un claro ejemplo de esto lo observamos en el experimento de los traders en el que el el mercado no está correctamente regulado y puede haber otros efectos biológicos que se escapan a la eficiencia de los mercados.

Tal y como mencionábamos en la introducción, este área de investigación tiene mucho peso actualmente. No se puede comprender el comportamiento de los mercados sin aludir la hipótesis de la eficiencia de los mismos. Según John Coates, Eric Stenstrom, Coren L Apicella y el resto de investigadores esta investigación permitiría poner en entredicho la afirmación de que los mercados son eficientes.

A modo de recopilación y antes de pasar al experimento práctico realizado realizaremos un breve resumen de lo expuesto hasta ahora.

3.3 Resumen de la revisión bibliográfica.

A continuación, resumiremos las ideas claves de la revisión bibliografía para finalizar la parte teórica en la que se sustenta nuestra hipótesis de partida. Las hormonas prenatales, en concreto la testosterona, son fundamentales a la hora de desarrollar la fisiología del cerebro tal y como hemos visto.

Este desarrollo va unido a un desarrollo de la materia gris y la materia blanca, a la vez que se procede a nivel macroscópico a la ramificación de las neuronas donde residen las funciones cognitivas, tales como la memoria, la atención y las respuestas inhibitorias.

Las funciones cognitivas son aquellas relacionadas con el entendimiento y permiten analizar el entorno que nos rodea y responder de manera rápida y eficaz ante los estímulos que de este procedan. Este análisis es empleado por los traders y demás inversores a la hora de realizar toma de decisiones de inversión. Cada inversor debe evaluar las distintas opciones de inversión y como estas van evolucionando en el paso del tiempo, si los estímulos (en forma de pérdidas y ganancias) no fuesen interiorizados por el inversor, posiblemente acabaría fuera del mercado por realizar inversiones poco adecuadas.

A la luz de los resultados de la investigación de John Coates, podemos afirmar que la testosterona tiene variedad de efectos, entre ellos tiene efectos psicológicos y efectos fisiológicos.

Por un lado, regula ciertos comportamientos, afecta al comportamiento social y al comportamiento sexual, así como también afecta a la solución de situaciones de riesgo o retos a los que se ve expuesto el ser humano. Por otro lado lo fisiológico, la testosterona prenatal regula el desarrollo y la diferenciación del cuerpo. Esta hormona influye sobre si un embrión nace hombre o nace mujer y también diferencia las zonas del cerebro que utilizamos cada uno.

En el momento en que estamos más expuestos a esta hormona es cuando comienza nuestro crecimiento cerebral y de este luego se derivan desde nuestro coeficiente intelectual hasta nuestra capacidad visual motora.

Este desarrollo afecta a las funciones cognitivas y estas a como percibimos los riesgos de nuestro entorno y como actuamos ante ellos.

Tal y como hemos citado anteriormente, el experimento de John Coates demostró que existe una relación entre las hormonas prenatales y las decisiones de riesgo. Una mayor presencia de testosterona iba unida a mayores resultados a largo plazo para un grupo concreto de traders de la bolsa de Londres.

Sin embargo, no podemos generalizar dicho efecto ya que para eso deberíamos realizar un experimento con una muestra más significativa y en variedad de escenarios de toma de decisiones de inversión. John Coates solo realizo el análisis para un número reducido de personas, todos ellos varones, puesto que se piensa que las mujeres reaccionan menos ante los estímulos hormonales aplicados a los riesgos (Stroud et al 2002). Además deberíamos tener en cuenta otros factores tales como la mezcla cultural. Al haber escogido personas que se dedican a la misma profesión y personas que están constantemente en situaciones de riesgo los resultados de su experimento no son extrapolables al resto de la sociedad.

Tanto Apicella como Strenstorm aumentaron la muestra llegando la de Strenstorm a los cuatrocientos participantes e incluyeron más factores aparte de los resultados y el ratio 2D:4D, entre ellos la sexualidad, la edad y la raza.

Sin embargo ninguno de ellos consiguió elaborar un modelo que sustentase todas las hipótesis de que la testosterona prenatal esta correlacionado con la toma de decisiones de riesgo y a la vez los efectos de circulación de la testosterona y la masculinidad facial.

Para tratar de confirmar las conclusiones los experimentos anteriormente mencionados realizaremos un pequeño experimento que consistirá en un juego de inversión. Este juego de inversión se realizará a un grupo de voluntarios que no tiene experiencia profesional en el sector de las inversiones y por tanto no están acostumbrados a dicha situación.

4 Análisis Empírico

Siguiendo con el razonamiento anterior, y con el fin de tratar de demostrar nuestra hipótesis principal y base de este trabajo, que es como afecta la testosterona prenatal a las tomas de decisiones de riesgo y por tanto a la toma de decisiones de inversión que presentan un riesgo más elevado, en coordinación con el equipo del departamento de gestión financiera de la Universidad Pontificia Comillas, hemos desarrollado un experimento que consistía en un pequeño juego de inversión.

4.1 Metodología del Experimento Práctico

Nuestro experimento consistía en un pequeño juego de inversión que se encuadraba dentro de la actividad denominada Rockefeller por un día que se realizó dentro del marco de la semana de la ciencia en la Universidad Pontificia Comillas y fue diseñada por Don Carlos Martínez de Ibarreta, profesor de modelos cuantitativos de la universidad.

El experimento consistía en realizar una serie de rondas de inversión en las cuales cada uno de los participantes podía decidir sin invertir en alguna de las 5 empresas con riesgo que posteriormente comentaremos o si por el contrario decidida quedarse el dinero en efectivo.

Antes de realizar la actividad Rockefeller por un día, se les separo en dos grupos, con equivalente número de personas cada uno, según llegaban. Para ello a medida que iban llegando iban tirando unos dados de goma espuma y en función de si sacaban un número par o un número impar iban a una sala u a otra. En el mismo momento, que se decidía de manera aleatoria la sala a la que acudían, se les entregaba un formulario que debían rellenar completamente y posteriormente entregar.

En dicho formulario encontramos preguntas acerca de la edad, el género, los estudios, y unas preguntas escogidas con el fin de medir el perfil del inversor, también encontramos una solicitud de medición del ratio 2D:4D.

En cada clase o grupo un profesor participante en el experimento procedió a explicarles de manera resumida cómo funcionan los mercados, los riesgos de cada tipo de inversión y sus correlaciones con el mercado.

Partimos de la base que los alumnos carecían, al menos en su mayoría, de los conocimientos necesarios sobre la evolución de los mercados, pero supusimos que sí que conocían el funcionamiento básico.

Este hecho no sesga la percepción principal que los inversores pudiesen tener de cara a participar en el juego de inversión, sin embargo sí que afecta a un pequeño detalle del juego. De manera complementaria se les concedería a aquellos que así lo solicitasen una información de carácter “privilegiado” con la cual los inversores podrían replantear sus inversiones.

Sin embargo, esta información era meramente especulativa ya que en ningún momento los participantes sabíamos que rentabilidades iban a obtener gracias al proceso aleatorio que más tarde se comenta en el trabajo.

Una vez en las clases, se les presento las 5 compañías en las que podían invertir. La primera de ellas es Green Phone, una empresa dedicada a la telefonía y el medio. El sector tecnológico está en auge, por ello se le asigna una rentabilidad del -5% con una probabilidad del 30 %, una rentabilidad del 1 % con una probabilidad del 40 % y una rentabilidad del 5 % con una probabilidad del 30 %. Esta compañía presenta una beta de uno.

La siguiente compañía es petrolmanía. Empresa dedicada a la explotación y procesamiento de derivados del petróleo que tiene una probabilidad del 30 % de obtener una rentabilidad de menos diez por ciento, una probabilidad del 40 % de obtener una rentabilidad del 1 % y una probabilidad de otro 30 % de obtener una rentabilidad del 10 %. Esta compañía presenta una beta de 1,5.

La tercera compañía es Modatop que presenta una probabilidad del 30 % de obtener una rentabilidad de menos diez por ciento, una probabilidad del 40 % de obtener una rentabilidad del 1 % y una probabilidad del 30 % de obtener una rentabilidad del 20 %. Esta compañía presenta una beta de 1,5.

La cuarta compañía es volaría, que tenía una probabilidad del 15 % de obtener una rentabilidad negativa (-10%), una probabilidad del 40 % de obtener una rentabilidad casi plana o 1 %, y una probabilidad del 45 % de obtener una rentabilidad del 20 %. Su beta es de 2, con lo que presenta un riesgo elevado frente a fluctuaciones del mercado.

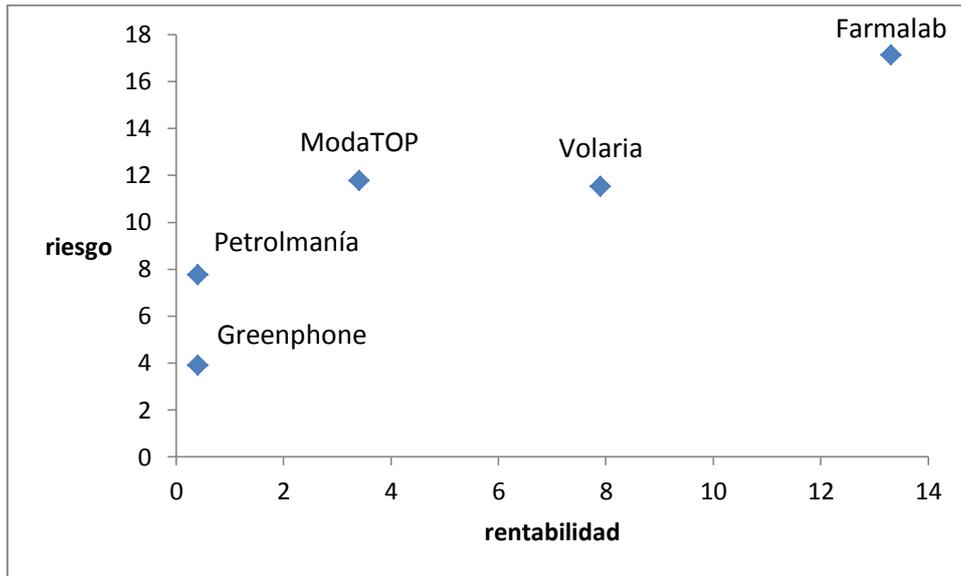
La quinta y última compañía es Farmalab, una empresa farmacéutica que presenta una probabilidad del veinte por ciento de tener una rentabilidad negativa (-10 %), una probabilidad del 30 % de obtener una rentabilidad equivalente a un 1 % y una probabilidad del 50 % de obtener una rentabilidad del 30 %. Esta compañía tiene una beta del 0,5.

Volaria		ModaTOP		Greenphone		Petrolmanía		Farmalab	
Rentabilidad %	Probabilidad %	Renta%	Prob %	Renta %	Prob%	Renta %	Prob %	Renta %	Prob %
-10	15	-10	30	-5	30	-10	30	-10	20
1	40	1	40	1	40	1	40	1	30
20	45	20	30	5	30	10	30	30	50
Rentabilidad Media	0,4	0,4		3,4		7,9		13,3	
Riesgo	3,903844	7,761		11,783		11,532		17,129	

La información que se les dio a cada uno de los inversores sobre las rentabilidades comentadas y sus probabilidades son fruto de un proceso aleatorio repetido numerosas veces y programado en Excel por el profesor de Estudios Económicos y participante de este experimento Don Carlos Martínez de Ibarreta.

En cada una de las rondas de inversión se procedía a ejecutar el proceso aleatorio lo que nos permitía obtener de manera imparcial y fuera del control de los participantes una rentabilidad en función de los riesgos de cada activo.

A raíz de dicho proceso aleatorio podemos distribuir todas las compañías según su rentabilidad y riesgo de la siguiente manera:



Se presentaron voluntarios setenta y nueve personas de edades comprendidas entre los dieciséis y los cincuenta años. A cada uno de ellos se les entregaba al principio del experimento 1000 unidades monetarias para invertir y un cuestionario a rellenar.

	Valor	Nº
Hombre	1	43
Mujer	0	36
Edad Media	23	
Edad Mínima	16	
Edad Máxima	72	

Al igual que en el experimento de John Coates nuestra muestra es una muestra heterogénea y no existen grandes diferencias ni culturales ni étnicas. Esto puede permitirnos encontrar una relación más clara entre el ratio 2D:4D y la toma de decisiones de inversión.

Sin embargo para complementar nuestra muestra al igual que hicieron Apicella y Stenstrom incluimos mayor variedad de edades y nuestra muestra está compuesta tanto por hombres como por mujeres.

Todos ellos con cierto grado de estudios, pudiendo ser estos estudios primarios, de secundaria obligatoria o formación profesional, estudios universitarios (tanto licenciados como graduados) o incluso estudios de posgrados.

Partiendo de los resultados obtenidos en cada una de las tres rondas de inversión junto con los cuestionarios realizados por los inversores procederemos a elaborar un análisis econométrico para tratar de ver la correlación entre el ratio 2D:4D y la toma de decisiones de inversión. Dicho econométrico lo realizaremos a través del software gratuito de análisis estadístico Gretl, partiendo de un archivo de Excel que recopila todos los datos.

Variables del Experimento Práctico

A continuación, vamos a explicar que variables se han considerado como independientes, dependientes, explicativas o de control y la manera en la que han sido codificadas con el fin del que programa utilizado (Gretl) las considere para analizar.

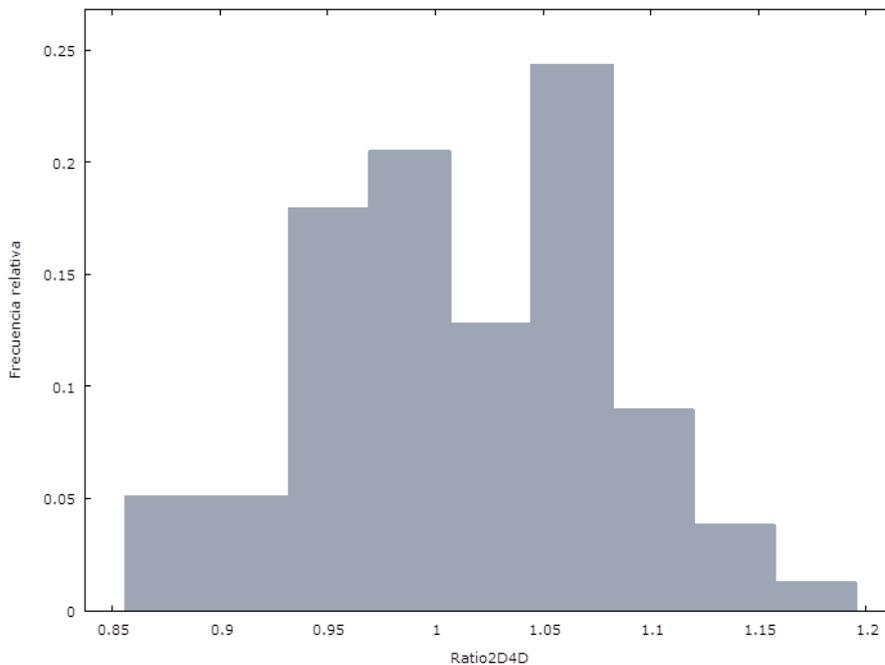
Para los distintos modelos que realizaremos, utilizaremos como variables dependientes, en todo momento, los resultados recogidos de las distintas rondas de inversión. Para tratar de explicar esta variable dependiente, utilizaremos como variable explicativa el ratio 2D:4D y como variables de control, también variables independiente, la edad, el perfil del riesgo, el nivel de estudios académicos, el género, el conocimiento del mundo de las inversiones. También de manera complementaria mediremos el impacto o correlación que tienen los resultados de las rondas entre sí.

Nuestra primera variable explicativa, es el ratio 2D:4D, esta variable ha sido medida de manera un tanto imprecisa, ya que fue medida por cada uno de los inversores con una escala situada en los cuestionarios.

Sin embargo, consideramos que los individuos que han realizado las mediciones han intentado reflejar la realidad fiel de la longitud de sus dedos. Dicha medición fue apuntada en el cuestionario en milímetros de tal forma que el error es en una unidad inferior y producirá una desviación pequeña.

Dicha medición refleja el cociente de la longitud de los dedos 2 y 4 de la mano derecha del inversor y es un indicativo de la exposición a testosterona prenatal en las primeras etapas del desarrollo.

Estadístico	Valores
2D:4D Medio	1,0116
2D:4D Mediana	1,0105
2D:4D Máximo	1,17
2D:4D Mínimo	0,875
Desviación típica	0,068



A continuación pasaremos a codificar y explicar el resto de variables de control, empezando por la edad. La edad no necesita ser codificada y aceptamos valores entre los 14 y los 59 años dejando márgenes tanto inferior como superior en cuanto a la edad de nuestra muestra. A pesar de no ser considerada damos a la variable edad una elevada importancia ya que de ella depende en cierta medida el nivel de estudios.

Por otro lado, una menor edad puede conllevar una menor comprensión de los mercados e instrumentos financieros lo que podría llevar a unos resultados negativos o por debajo de la media del mercado.

Edad Media	23
Edad Máxima	72
Edad Mínima	16
Desviación típica	10

Para el factor género, hemos optado por dividirlo en dos variables de carácter dicotómico, la variable hombre y la variable mujer. La primera de ellas obtiene un valor 1 si el individuo que realiza la inversión es varón, por el contrario obtiene un cero si es una mujer.

Genero	Valor	Nº
Hombre	1	43
Mujer	0	36

La variable Mujer funciona de forma inversa, obtiene un resultado 1 si la persona que realiza la inversión es una mujer y obtiene un cero si dicha persona es un hombre. Ambas variables no las podemos poner al mismo tiempo en el modelo ya que ello causaría que se duplicase la variable (que sea hombre o mujer).

La siguiente variable que vamos a considerar para nuestro modelo es el perfil de riesgo. El perfil de riesgo ha sido determinado por otro de los miembros colaboradores de este equipo de investigación y su obtención se basa en función a las respuestas que cada inversor ha dado a las encuestas antes mencionadas.

Esta variable puede tomar valores Moderado, conservador o arriesgado. Nuestra muestra solo presenta resultados de individuos con perfil moderado y con perfil conservador.

La variable tendrá un valor 0 si el perfil de riesgo es conservador, un valor 1 si el perfil del individuo es moderado y por tanto puede asumir algunos riesgos (la mayoría de nuestra muestra) y un valor 2 en caso de asumir muchos riesgos y tener un perfil dinámico o arriesgado. Como hemos mencionado en nuestro experimento no habrá ningún valor 2.

Perfil	Valor	Nº
Conservador	0	7
Moderado	1	72
Dinámico	2	0

La tercera variable que tendremos en consideración serán los estudios. Actualmente en el mundo de las inversiones la nueva normativa europea MIFID II considera el nivel de estudios como una variable decisiva a la hora de considerar un producto apto para el nivel de riesgo de un cliente. En nuestro experimento esperamos observar que a niveles mayores de educación los resultados también son mayores. Esta variable llamada nivel educativo es algo más compleja de codificar debido a la gran variedad de nuestra muestra.

Siguiendo un orden ascendente se les dotará de un valor 1 a aquellos individuos que solo tengan la educación primaria, un valor 2 para aquellos que hayan llegado a los cursos de la educación secundaria obligatoria, un valor 3 para aquellos que hayan realizado o estén realizando un bachillerato o una formación profesional.

El valor 4 corresponde a aquellos que estén realizando sus estudios universitarios en el nuevo marco del grado europeo, por el contrario el valor 5 corresponde a aquellos que estén en posesión de una licenciatura sea esta de la rama que sea. Por último la variable nivel de educación podrá tomar el valor 6 si el individuo ha realizado un doctorado.

Nivel de Educación	Valores	Nº
Primaria	1	9
Secundaria	2	3
Bachillerato/ FP	3	50
Grado	4	13
Licenciatura	5	2
Master/ Doctorado	6	2

Otra variable ligada a lo anterior es el conocimiento del sector financiero. Este conocimiento puede marcar en gran medida los resultados de los participantes ya que una persona que desconozca los riesgos que está asumiendo puede llegar, en caso de que el mercado vaya a la baja, a perder la mayoría de su patrimonio.

Al igual que el resto de variables cualitativas o de respuesta tienen que ser codificadas, para ello solo se han considerado tres grados de conocimiento del mercado. El nivel bajo de conocimiento que sería codificado por un 0, el nivel medio codificado por un 1 y el nivel alto de conocimiento del mercado financiero codificado con un 2.

Conocimiento del Sector Financiero	Valor	Nº
Bajo	0	48
Medio	1	29
Alto	2	2

Por último también consideramos como variables explicativas del resultado de la ronda tres los resultados obtenidos de las rondas 1 y 2. Ambas variables son numéricas y las consideramos ya que creemos que si a un inversor poco cualificado le ha ido mal o muy bien en las anteriores rondas de inversión optará por retirarse o por arriesgar un poco con más con intención de recuperar o ganar más. Esta variable quiere intentar el carácter psicológico que se escapa al mero hecho de realizar una inversión.

Como se puede observar en la siguiente tabla ninguna de las variables explicativas de la matriz X o la variable explicativa 2D:4D guarda una correlación con ninguna de las otras variables explicativas.

Hombre	Nivel de Estudios	Conocimiento del sector	Edad	Ratio 2D:4D	Perfil	
1	-0,079	0,0956	-0,1032	-0,1428	-0,017	Hombre
	1	0,093	0,507	-0,1428	-0,1714	Nivel de Estudios
		1	0,093	-0,145	0,1581	Conocimiento del sector
			1	-0,918	-0,2735	edad
				1	-0,0104	Ratio 2D:4D
					1	Perfil

El hecho de que ninguna de las variables explicativas y/o de control no guarden relación entre ellas es fundamental para no incurrir en duplicidades o poner alguna variable que no fuese relevante para el modelo por que esta fuese explicada por otra.

Una vez explicada cada una de las variables que van a formar parte de nuestro análisis, en el siguiente apartado procederemos a construir unos modelos econométricos que trataran de testar nuestra hipótesis de partida que es:

Las personas que tienen una mayor exposición a la testosterona prenatal toman decisiones de inversión con mayor riesgo.

Modelos Econométricos.

Una vez descritas las distintas variables y el formato de codificación que tiene cada una, procederemos a realizar distintos modelo de regresión lineal que tratará de testar nuestra hipótesis de partida que es que la testosterona prenatal afecta a la hora de tomar decisiones de inversión que conlleven riesgos.

Todos nuestros modelos tendrán un formato:

$$resultados = \beta_1 + \delta(2D:4D) + \beta X + \mu$$

Siendo nuestros resultados la variable dependiente o a explicar, el ratio 2D:4D la variable independiente explicativa y la variable X un conjunto de vectores conformado por las distintas variables de control anteriormente mencionadas.

Nuestro primer modelo tendrá únicamente como variable explicativa el ratio 2D:4D. En caso de comprobarse que la variable 2D:4D es explicativa de los resultados obtenidos, se testaría nuestra hipótesis de que las personas con mayor exposición a la testosterona prenatal toma decisiones de inversión más arriesgadas.

En nuestro segundo modelo añadiremos la variable de control edad. En otros estudios se ha observado que la edad no guarda relación con los resultados fruto de decisiones de inversión, sin embargo consideramos que debemos incluir dicho factor.

Seguidamente en nuestro tercer modelo, vamos a añadir como variable explicativa a modo de control la variable género, que a su vez está dividida en dos y nos dará pie a realizar un análisis con una sub-muestra distinguiendo entre hombres y mujeres. En este modelo ya tendríamos los resultados, el ratio 2D:4D y como variables de control la edad y el género.

Por su importancia como indicativo del perfil de riesgo en el sector financiero, y por su relación con la normativa MIFID II, la tercera variable que consideramos como variable de control para nuestro cuarto modelo es el nivel educativo.

En el siguiente modelo vamos a considerar como variables de control todas las anteriores más grado de conocimiento del sector financiero. Esta variable como antes hemos mencionado, solo tiene 3 niveles de codificación correspondiéndose cada uno con un nivel bajo, medio u alto de conocimiento del sector y los mercados.

Nuestro último modelo incluirá como variable dependiente los resultados de la primera ronda de inversiones, como variable explicativa el ratio 2D:4D y como variables de control todas las mencionadas en los modelos anteriores más el perfil de riesgo del inversor.

Recordar que la variable perfil de riesgo es una variable derivada de las respuestas entregadas por los inversores en su cuestionario.

No vamos a realizar modelos con los resultados de la segunda y tercera ronda de inversión, ya que en dichas rondas los inversores se han visto por otras variables derivadas de los resultados obtenidos en las anteriores rondas de inversión además de tener más tiempo para reflexionar lo que conlleva que sus decisiones de inversión sean más racionales y con menor condicionamiento biológico.

En el siguiente apartado vamos a comentar los resultados obtenidos de cada uno de los modelos anteriormente mencionados. Estos resultados se han obtenido mediante la construcción de modelos en el programa estadístico Gretl, se han empleado un modelo de regresión lineal con estimaciones de desviaciones típicas robustas de tal forma que los resultados sean válidos a pesar de la heterocedasticidad.

4.2 Resultados del Experimento Práctico.

A continuación, vamos a comentar brevemente los resultados obtenidos en cada uno de los modelos, indicando cuales de las variables son explicativas de la variable dependiente resultados. En esta primera explicación emplearemos toda la muestra y posteriormente comprobaremos si los resultados obtenidos usando toda la muestra son similares a los obtenidos para una submuestra de hombres.

En la primera tabla podemos encontrar los coeficientes y los p-valor obtenidos para los tres primeros modelos. En la segunda tabla encontramos los coeficientes y los p-valor obtenidos en los tres últimos modelos anteriormente explicados.

Modelo	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
Variable	Coficiente	P-valor	Coficiente	P-valor	Coficiente	P-valor
2D:4D	-21,5	0,6543	-7,66	0,88	-20	0,675
Edad			-0,09	0,8	-0,09	0,8
Genero					-0,38	0,96
Modelo	Modelo 4		Modelo 5		Modelo 6	
Variable	Coficiente	P-valor	Coficiente	P-valor	Coficiente	P-valor
2D:4D	-20	0,675	-67,15	0,3	-65,85	0,28
Edad	-0,05	0,88	0,14	0,64	0,15	0,73
Genero	0,56	0,93	-1,95	0,8	-2,1	0,79
Educación	-1,14	0,77	-6,1	0,2	-5,68	0,29
Conocimiento del Sector Financiero			11,3	0,07	11,2	0,1
Perfil del inversor					1,61	0,1

Como podemos observar en la tabla anterior, el p-valor del modelo 1 para la variable 2D:4D es superior a 0,05 por lo que la variable 2D:4D por sí sola no es explicativa de los resultados obtenidos en el experimento práctico. Esto posiblemente se deba al fallo en la medición del ratio o a que hemos obviado algunos detalles como que algunos miembros de la muestra se hayan roto alguno de los dedos de referencia. Sin embargo lo que si se observa que el coeficiente es negativo lo que indica que a mayor ratio 2D:4D menor es el resultado obtenido. En línea con que a menores ratios 2D:4D obtenemos mayores resultados mediante inversiones más arriesgadas.

En el modelo 2 y 3 podemos ver que las variables de control edad y genero tampoco son explicativas del modelo, ambas presentan p-valores muy elevados cercanos a uno. Este resultado va en línea con el obtenido por John Coates y Coren L Apicella de que la edad no afecta a la hora de realizar inversiones que conlleven riesgos.

El p-valor de la variable género es demasiado alto por lo que podemos descartar la hipótesis nula que es que el ser hombre afecte a los resultados, pero a pesar de su p-valor el facto de género siempre guarda alguna relación con la testosterona. En el modelo 3 observamos una reducción del p-valor de la variable 2D:4D.

En el modelo 4 se puede observar como el p-valor del ratio 2D:4D se reduce y se acerca cada vez más al 0,5 y su coeficiente sigue siendo negativo como es de esperar.

La edad sigue teniendo un coeficiente y un p-valor más o menos constante, sin embargo el género pasa de un coeficiente negativo a uno positivo pero con un p-valor poco significativo cercano a 1.

La variable de control introducida en este modelo es el nivel de educación. Si recordáis el nivel de educación estaba codificado siendo la primaria el nivel mínimo y el posgrado, master o doctorado el nivel máximo. Para nuestra muestra observamos que a un mayor nivel de educación, menor resultado, pero su p-valor es elevado (0,77) lo que indica que no es significativo el efecto de esta variable en los resultados.

En nuestro modelo número 5 hemos añadido como variable de control el nivel de conocimiento acerca del sector financiero, observamos que tiene un coeficiente 11 y un p-valor de 0,07. Esto significa que con un nivel de significación de 0,07 el nivel de conocimiento del sector financiero influye en los resultados, a mayor conocimiento mayores resultados. También es destacable el resultado obtenido para la variable 2D:4D. La variable 2D:4D presenta un coeficiente de -67,15 y un p-valor de 0,3, la variable cada vez se va convirtiendo en más significativa.

En el modelo número 5 ni la edad ni el género son significativos (p-valor muy elevado) pero la variable educación pasa a tener p-valor cercano a 0,2, lo que conlleva que pudiera ser significativa. Al igual que en el modelo 4 el coeficiente de la educación es negativo, a mayor educación menores resultados.

Por último, en nuestro modelo número 6 incluimos como variable de control el perfil del inversor. Esta variable fue obtenida por una compañera mediante codificación de respuestas del cuestionario. El perfil del inversor presenta un coeficiente de 1,6 y un p-valor de 0,1, este p-valor indica que la variable puede ser significativa. Frente un perfil más arriesgado los inversores obtendrán

mayores resultados, esto iría en línea con la investigación de John Coates que a mayor riesgo los traders obtienen mayores resultados al final de la jornada pero dicho resultado no se mantiene.

Hemos comprobado que, para toda la muestra, el ratio 2D:4D no es explicativo de los resultados obtenidos. Este hecho, hace que sea complicado testar empíricamente nuestra hipótesis de partida de que las personas con mayor presencia de testosterona prenatal toman decisiones de inversión con mayor riesgo.

Recordar que dicha presencia es indicativo de un ratio 2D:4D menor. En nuestro experimento hemos comprobado que un mayor ratio 2D:4D es indicativo de un resultado menor, esto se comprueba con el coeficiente negativo a pesar de que este no lleve un p-valor asociado bajo. A medida que hemos ido añadiendo variables a nuestro modelo el ratio 2D:4D ha ido reduciendo el p-valor volviéndose más significativo. Podría ser, que al añadir alguna variable más significativa que hubiésemos obviado el ratio 2D:4D fuese significativo.

A continuación, realizaremos el modelo completo para una submuestra solo de hombres (excluyendo la variable genero), con el fin de testar si el objetivo del experimento se ha visto afectado por la variedad de géneros en la muestra.

Modelo	Modelo Hombres	
Variable	Coeficiente	P-valor
2D:4D	-116	0,17
Edad	-0,06	0,96
Educación	-8,38	0,38
Conocimiento del Sector Financiero	8,63	0,43
Perfil del inversor	-11,82	0,82

Para la submuestra de hombres, podemos comprobar que el p-valor de la variable 2D:4D está muy cerca de ser significativo y su coeficiente muestra como no podía ser de otra forma un valor negativo. Las variables de control más significativas son la educación y el conocimiento del sector financiero pero ambas con p-valores superiores a 0,35.

Empleando toda la muestra no hemos sido capaces de demostrar nuestra hipótesis de partida que es que las personas con mayor exposición a la testosterona prenatal toman decisiones de inversión más arriesgadas, sin embargo para la submuestra de hombres hemos estado muy cerca de testar nuestra hipótesis debido al p-valor cercano a 0,10.

Creemos que nuestra hipótesis no se ha testado debido a ciertas limitaciones que presenta nuestra muestra y nuestras variables consideradas, por ello a continuación expondremos las limitaciones de nuestro análisis práctico así como unas conclusiones a raíz de todo lo expuesto en este trabajo de investigación.

4.3 Limitaciones del Modelo Econométrico y la Muestra.

En primer lugar, nuestro resultado está limitado por nuestra muestra. El equipo de investigación realizó el experimento a 79 sujetos y para poder alcanzar unos resultados significativos la muestra debería haber sido al menos de 100 individuos, sin embargo los últimos experimentos realizados en esta área han contado con muestras superiores a los 200 individuos llegando incluso a los 400 participantes.

Por otro lado, nuestra muestra presentaba características demasiado homogéneas, para poder observar unos resultados fidedignos la muestra debería incluir una mayor variedad étnica, religiosa, de orientación sexual, de edades y de culturas.

Además, las variables se basaban en las respuestas dadas por los participantes en el cuestionario sin que hubiese comprobación de ningún tipo.

Esto hace posible que los datos recopilados no guarden relación con la realidad de la muestra.

Otro de nuestras limitaciones es la medición del ratio 2D:4D, los participantes se medían ellos mismos la longitud de sus dedos sin más medios que una escala milimétrica dibujada en papel y sin mayor explicación que una breve frase en el papel y un breve comunicado de cómo hacerlo.

Pero no hubiésemos podido encontrar una relación significativa entre el modelo y los resultados que explicase nuestra muestra sin haber realizado, al igual que realizó John Coates y Coren L. Apicella, una medición de los niveles de testosterona en la saliva. Para poder haberlo llevado a cabo hubiésemos necesitado la implicación de alguno de los laboratorios universitarios de la ciudad.

Sin olvidarnos de las anteriores limitaciones, también deberíamos incluir más variables significativas al modelo. Deberíamos incluir variables relacionadas con las emociones y el razonamiento, como por ejemplo si se considera o no impulsivo el inversor, si medita antes de tomar decisiones, si es bueno memorizando, si tiene la capacidad de realizar un buen análisis del entorno.

Estas variables podría indicar una relación entre los resultados y como está compuesto el cerebro de cada uno de los participantes y tal y como hemos visto en este trabajo la fisiología cerebral ligada a las funciones cognitivas es un reflejo de una actividad de la testosterona prenatal durante las primeras etapas de desarrollo.

5 Conclusiones.

A raíz de todo lo expuesto a lo largo de este trabajo de investigación nos surgen dos conclusiones contrarias pero ambas válidas.

Por un lado, tenemos la conclusión obtenida a través del modelo de regresiones lineales realizado en el experimento práctico, que indica que para toda muestra, la testosterona prenatal medida en el ratio 2D:4D no guarda una relación fuerte con los resultados obtenidos en la toma de decisiones de inversión. Es decir la testosterona prenatal no parece haber condicionado a los individuos de nuestra muestra a la hora de elegir un activo más o menor arriesgado que les haya llevado a un mayor resultado en el juego. A pesar de ello hemos observado que a medida que se iban incorporando más variables de control el p-valor del ratio 2D:4D ha ido disminuyendo volviéndose más significativa cada vez.

Sin embargo, como hemos comentado en el apartado anterior nuestro modelo econométrico y nuestra muestra están limitados y por ello esta conclusión no es del todo válida. Para poder afirmar que la testosterona prenatal afecta o no a la toma de decisiones de inversión, deberíamos realizar otro experimento práctico con una muestra mucho más significativa incluyendo en el modelo de regresión algunas variables relacionadas con otros efectos relacionados con la testosterona prenatal tales como la capacidad de memorización, la capacidad visual motora o incluso otras mediciones de la testosterona como puede ser tomar muestras de la testosterona en la saliva.

Incluso deberíamos separar en submuestras para hombres y mujeres, las diversas orientaciones sexuales, etnias y orientaciones religiosas, ya que se ha observado que para los hombres el ratio 2D:4D es más significativo que para la muestra entera.

Por el otro lado, la revisión bibliográfica nos lleva a pensar que la testosterona prenatal sí que tiene un efecto a la hora de tomar decisiones de riesgo.

Como hemos visto la testosterona prenatal afecta a la diferenciación celular y a la distribución cerebral, esto último conlleva que el participante desarrolle en una mayor o menor medida sus funciones cognitivas.

A la hora de invertir las funciones cognitivas son fundamentales, ya que el inversor debe realizar un análisis previo de que valores se ajustan más a su perfil y sus expectativas de retornos económicos.

Las funciones cognitivas entrelazan los conocimientos previos que el inversor tenga (memoria), así como sus percepciones del funcionamiento del mercado (atención) y sus niveles de riesgo (inhibición de respuestas). Si el inversor no percibe el riesgo o no lo percibe en cierto grado optara por invertir en productos más arriesgados ante mayores expectativas de retorno.

La testosterona condiciona estas respuestas inhibitorias, ante una mayor exposición de testosterona prenatal el individuo razona mejor, lleva a cabo un mayor análisis e inhibe ciertas respuestas, esto le lleva que ante mayor testosterona prenatal mayores riesgos asuma el individuo a la hora de invertir.

A pesar de que nuestro experimento no sea capaz de testar nuestra hipótesis creemos que la testosterona a la que se ve expuesto el individuo en la fase prenatal sí que afecta a la hora de realizar toma de decisiones de inversión en activos más arriesgados.

Por lo tanto creemos que la testosterona prenatal sí que afecta a la toma de decisiones de inversión y asunción de riesgos respondiendo así a la pregunta planteada en la introducción y se cumple nuestra hipótesis que:

Las personas que tienen una mayor presencia de testosterona prenatal toman decisiones de inversión con mayor riesgo.

Por ello y para concluir con este trabajo de investigación, daremos unas pequeñas recomendaciones para continuar y contribuir con el estudio de esta área de investigación.

Los próximos estudios que se realicen deben fundamentarse en nuevos métodos de medición de la testosterona prenatal y una mayor profundidad en sus efectos en las primeras etapas de desarrollo.

Es en esas fases donde la testosterona prenatal condiciona el desarrollo al liberarse en los órganos y tejidos diana y contribuir con la diferenciación celular. Pero para poder realizar mediciones significativas será necesario una muestra de elevado tamaño y el apoyo de instituciones de investigación y centros especializados en biología y medicina para su posterior tratamiento.

Como hemos comentado antes la muestra debe ser heterogénea e incluir individuos de todas las etnias más significativas, de todas las confesiones religiosas, de todos los niveles educativos, de todo nivel de conocimientos y experiencia en el sector y de todas edades. De esta forma la comunidad científica podrá concluir si definitivamente la testosterona prenatal afecta o no a la toma de decisiones de inversión con riesgo.

Esperamos que con este trabajo hayamos sido capaces de comunicar la importancia que tiene la testosterona prenatal en la toma de decisiones, y si se demostrase la veracidad de nuestra hipótesis de partida podría conllevar una revolución en la industria financiera y en los mercados tambaleando la hipótesis clásica de la eficiencia de los mercados tal y como hemos mencionado en la introducción.

6 Agradecimientos

Por último me gustaría agradecer, a modo de cierre de mi trabajo, el tiempo dedicado a la investigación así como las ideas aportadas a mi profesor de métodos cuantitativos y orientador, Carlos Martínez de Ibarreta, a Esther Vaquero y Álvaro Caballo y al resto de profesores del Departamento de Gestión Financiera de la Universidad Pontificia Comillas, a mis amigos; María Ota (Estudiante de Medicina de la Universidad Francisco Vitoria) a Fernando Aguilar (Estudiante de Biotecnología y Farmacia de la Universidad Francisco Vitoria), Pablo García Más Vélez (Estudiante de Derecho y Criminología en la Universidad San Pablo CEU) , María Sánchez Gómez-Martinho (Estudiante de Administración y Dirección de Empresas en la Universidad Pontificia Comillas) y a mi Familia, en concreto a mi hermana, Almudena Virgós por su aportación en el área de la biología y desarrollo celular.

7 Bibliografía.

Andrew, R & Rogers, L. 1972 Testosterone, search behaviour and persistence. *Nature* 237, 343-346 (doi: 10.1038/237343a0).

Apicella, C., Dreber, A., Campbell, B., Gray, P., Hoffman, M. & Little, A. 2008 Testosterone and financial risk preferences. *Evol. Hum. Behav.* 29 384-390. (doi:10.1016/j.evolhumbehav.2008.07.001)

Arrondo, J. L. 2013 Fisiología hormonal masculina.

Bailey, A. A., & Hurd, P.L. (2005) Finger length ratio (2D:4D) correlates with physical aggression in men but not in women. *Biological Psychology*, 68, 215-222.

Baker, M. D., & Maner, J. K. (2008). Risk taking as a situationally sensitive male mating strategy. *Evolution and Human Behaviour*, 29, 391-395.

Blume, L. & Easley, D. 2006 If you are so smart why aren't you rich? Belief selection in complete and incomplete markets. *Econometrica* 74, 929-966. (doi:10.1111/j.1468-0262.2006.006991.x)

Boissy, A. & Bouissou, M. 1994 Effects of androgen treatment on behavioural and physiological responses of heifers to fear-eliciting situations. *Horm. Behav* 28, 66-83. (doi: 10.1006/hbeh.1994.1006).

Caldú, X. & Dreher, J. 2007 Hormonal and Genetic influences on processing reward and social information. *Ann NY Acad. Sci.* 1118, 43-73. (doi:10.1196/annals.a412.007)

Coates, J. M. & Herbert, J. 2008 Endogenous steroids and financial risk taking on a London trading floor. *Proc. Nat Acad. Sci. Usa* 105, 6167-6172. (doi:10.1073/pnas.0704025105).

Coates, J. M., Gurnell, M & Rustichini, A. 2009 Second-to-fourth digit ratio predicts success among high frequency financial traders. *Proc Natl Acad. Sci. USA* 106, 623-628. (doi : 10.1073/pnas.0810907106).

Cohen-Bendahan, C., Van de Beeka, C. & Berenbaum, S. 2005 Prenatal sex hormone effect on child and adult sex-typed behavior: methods and findings. *Neurosci. Biobehav. Rev* 29, 353-384. (doi:10.1016/j.neubiorev.2004.11.004).

Damasio, A. R. 1994 *Descartes` error. Emotion, reason, and the human brain.* New York, NY: Grosset/Putman.

Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española 2011.

Falkenstein, E., Tillmann, H. Christ, M., Feuring, M. & Wehling, M. 2000 Multiple actions of steroids hormones-a focus on rapid, nongenomic effects. *Pharmacol . Rev.* 52, 513-556.

Ikemoto, S. & Panksepp, J. 1999 The role of nucleus accumbens dopamine in motivates behavior: a unifying interpretation with special reference to reward-seeking. *Brain Res. Rev.* 31, 6-41. (Doi:10.1016/ S0165-0173(99)00023-5).

Kuhnen, C. & Knutson, B. 2005 the neural basis of financial risk taking. *Neuron* 47, 763-770. (doi:10.1016/j.neuron.2005.08.008).

Lupien, S. J., Maheu, F., Tu, M., Fiocco, A. & Schramek, T. E. 2007 The effects of stress and stress hormones on human cognition : implications for the field of brain and cognition. *Brain Cogn.* 65, 209-237. (doi:10.1093/humrep/13.11.3000).

Manning, J., Scutt, D., Wilson, D.Lewis-Jones, D. 1998 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Hum Reprod.* 13, 3000-3004. (doi: 10.1093/humrep/13.11.3000).

McIntyre, M. 2006 The use of digit ratios as markers for perinatal androgen action. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 4, 10. (Doi:10.1186/1477-7827-4-10).

Salminen, E., Portin, R., Koskinen, A., Helenius, H. & Nurmi, M. 2004 Associations between serum testosterone fall and cognitive function in prostate cancer patients. *Clin. Can. Res.* 10,7575-7582. (doi:10.1158/1078-0432.CCR – 04-0750).

Sanfey, A., Rilling, J. K., Aronson, J. A. Nystrom, L.E. & Cohen, J. D. 2003 The neural basis of economic decision-making in the ultimatum game. *Science* 13, 1755-1758.

Schwerdtfeger, A., Heims, R., & Heer, J. (2010). Digit Ratio (2D:4D) is associated with traffic violations for male frequent car drivers. *Accident Analysis and prevention*, 42, 269-274.

Stenstrom, E., Saad, G., Nepomuceno M. V., Mendenhall. Z., 2010 Testosterone and domain-Specific risk: digit ratios (2D:4d and rel 2) as predictors of recreational, financial, and social risk-taking behaviours.

Vadakkadath Meethal, S. & Atwood, C. S. 2005 The role of hypothalamic-pituitary-gonadal hormones in the normal structure and functioning of the brain. *Cell Mol. Life. Sci.* 62, 257-270. (doi: 10.1007/s00018-004-4381-3).

Van Leijenhorst, L. Westenberg, P. M. & Crone, E.A. (2008). A developmental study of risky decisions on the cake gambling task: Age and gender analyses of probability estimation and reward evaluation. *Development Neuropsychology*, 33, 179-196.

Weber, E.U., Blais, A-R., & Betz, N. E. (2002). A domain-specific risk-attitude scale: Measuring risk perceptions and risk behaviours. *Journal of Behavioural Decision Making*, 15, 263-290.

Zethraeus, N., Kocoska-Maras, L., Ellingsen, T., Von Schoultz, B., Hirschberg, A. L., & Johannesson, M. (2009). A randomized trial of the effect of estrogen and testosterone on economic behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 6535-6538.